KOMISJA METALURGICZNA RADY STALOWEJ

PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA ZAGRANICZNEGO

Z DZIEDZINY

METALURGII I METALOZNAWSTWA STALI

NR 10 KATOWICE, PAŹDZIERNIK 1938 ROK III

RUDY, TOPNIKI, MATERIAŁY OGNIOTRWAŁE, TECHNIKA OPAŁOWA.

Przemysł magnezytowy w Austrii E. Kalman. (Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur und Architekten Vereines, czerwiec 1938, str. 201/3).

Dobroć magnezytów austriackich polega na tym, że są one wolne od szeregu zanieczyszczeń jak glina, krzemionka i wapień a zawierają stosunkowo duże ilości żelaza, tworzącego bezpostaciowy $FeCO_3$ w surowym magnezycie. Wypalony magnezyt rozpada się na tlenki a tlenek magnezytu tworzy ferryty $MgO.Fe_2O_3$ o punkce topliwości 1900° C. Ferryty te powodują powstawanie w czasie wypalania regularnych kryształów periklazu.

Wytwarzanie specjalnych materiałów ogniotrwałych magnezytowych. A. Bereznoj. (Stal, r. 1938, nr 1, str. 30/7).

Bardzo ważnym czynnikiem dobroci magnezytowych materiałów ogniotrwałych jest ich lepiszcze. Najlepsze własności wykazują te materiały, których lepiszcze utworzone jest ze spinelu. Dodatek małych ilości chromitu pomaga w tworzeniu się spinelu w niższych temperaturach.

Zagadnienie materiałów ogniotrwałych w hutnictwie żelaznym. F. Singer. (Iron and Steel Industry, r. 1938, maj str. 316/20, czerwiec str. 479/82, sierpień str. 575/80).

Badania laboratoryjne oraz ruchowe przeprowadzone głównie w Niemczech wykazały, że jednymi z najlepszych cegieł używanych do budowy pieców martinowskich są cegły węglowe, które są lepsze od cegieł glinkowych lub krzemionkowych. Ostatnio wchodzą w użycie odpowietrzone cegły szamotowe. Formowanie cegieł w próżni powoduje większą ich gęstość. Większa gęstość oraz silniejsze wypalanie zwiększają odporność cegły na ścieranie i takie cegły nadają się najlepiej do wykładania wielkich pieców. Czym trudniej powietrze przechodzi przez cegłę, tym taka cegła będzie lepszą dla odzysknic. Autor wyraża pogląd, że z biegiem czasu odpowietrzone cegły szamotowe całkowicie wyprą dotychczas stosowane rodzaje cegieł dla odzysknic pieców martinowskich, nagrzewnic wielkopiecowych oraz dla wyprawy wielkich pieców.

WYTWARZANIE SURÓWKI I STALI, ODLEWNICTWO.

Sprawozdanie z badań ruchowych wielkopiecowych. — Badania nad topieniem rud głównie z okręgu Lincolnshire, przeprowadzone na wielkich piecach zakładów Frodingham towarzystwa Appleby - Frodingham Steel Co. Ltd. (Iron and Steel, r. 1937, Special Report Nr. 18).

Badania te przeprowadzono z ramienia Rady Badań angielskiego Związku Żelaza i Stali. Celem ich było stwierdzenie faktycznych zjawisk, jakie zachodzą w różnych miejscach wielkiego pieca. Przeprowadzono liczne pomiary temperatury, składu gazów, wielkości kawałków rudy i koksu itp. w różnych miejscach wielkiego pieca, przyczem okazało się, że cały szereg rozumowań teoretycznych na temat zjawisk zachodzących w różnych miejscach pieca było fałszywych, jak również badania laboratoryjne nie odzwierciadlały faktycznych zjawisk, zachodzących w wielkim piecu. Stwierdzono naprzykład, że temperatura w jakimś przekroju poprzecznym wielkiego pieca nie jest jednakowa we wszystkich punktach i warunki fizyko-chemiczne są różne, a więc nie można mówić o jakichś „średnich" warunkach, panujących w danym przekroju. Najwyższa temperatura w przekroju poprzecznym wielkiego pieca panuje w środku i blisko ścian (przy samych ścianach temperatura jest niższa, skutkiem chłodzenia ścian). Między tymi dwoma strefami pierścieniowymi panuje temperatura niższa, przyczem temperatura najniższa panuje bliżej strefy zewnętrznej. Czym niższy przekrój wielkiego pieca, tym ta najniższa temperatura oddala się od środka, jednak nie zbliża się więcej niż na 1.2 m do ścian pieca. W górnej części pieca aż do 10 m poniżej powierzchni zasypu ilość gazu CO i CO_2 odpowiada równaniom termodynamicznym. Nadto suma obu gazów powyżej tego poziomu jest w przybliżeniu stała. Wyrażenie log CO/CO_2 odpowiadało temperaturze dokładnie na wysokości 7.8 m i 5.1 m od powierzchni zasypu a już niezbyt dokładnie na wysokości 10 m od powierzchni zasypu. Różnicę temperatury w jednym przekroju wielkiego pieca zależały od różnic w wielkości kawałków namiaru. Położenie strefy najzimniejszej (a więc wysokie CO_2) która u góry pieca znajduje się bezpośrednio pod brzegiem dzwonu, ma tendencję do rozszerzania się w niższych warstwach wielkiego pieca. Odpowiednio do tego redukcja rudy jest większa blisko brzegów pieca i w jego środku, niż w strefie pośredniej położonej między tymi dwoma. Z tego też powodu trudno mówić, że np. redukcja rudy zaczyna się średnio w tej a tej wysokości wielkiego pieca, gdyż zależy to od poszczególnych stref (pierścieni). Próbki wsadu pobrane z niektórych warstw wielkiego pieca zawierały żelazo jako FeO, Fe_3O_4 i Fe_2O_3. A więc

reakcje redukcji rudy Fe_2O_3 → Fe_3O_4 → FeO → Fe nie idą w wielkim piecu sukcesywnie, to znaczy, że jedna reakcja nie koniecznie zaczyna się dopiero wtedy, gdy poprzednia już całkowicie się skończyła, jak to ma miejsce w doświadczeniach laboratoryjnych — lecz może zachodzić kilka reakcyj równolegle obok siebie. W wielkim piecu nawet 70% rudy może już być całkowicie zredukowana, gdy jeszcze 30% żelaza istnieje jako Fe_2O_3 (zamiast tlenku FeO, czyli ostatniego stadium redukcji). Dzieje się to skutkiem tego, że kawałki rudy są stosunkowo zbyt duże i kontakt ich z gazami redukującymi, których szybkość przepływu jest jak gdyby za mała, jest mniejszy, niż w doświadczeniach laboratoryjnych. Wyniki tych badań ruchowych podkreśliły duże znaczenie odpowiedniego doboru wielkości kawałków wsadu, jak również równomiernego ich rozłożenia. Przy tych badaniach namiar zawierał kawałki rudy od wagi 25 kg do zwykłego pyłu. Wsad ładowano przy pomocy dzwona o średnicy 3.9 m o kącie 45^0. Drobne kawałki wsadu spadały odrazu pionowo, gdy kawałki większe staczały się w kierunku ścian pieca i środka, odrazu więc tworzyły się strefy pierścieniowe wedle wielkości kawałków wsadu. Drugim powodem nieregularności biegu wielkiego pieca były różnice w składzie rudy. Poszczególne warstwy rudy w kopalniach mogą różnić się między sobą nie tylko składem rudy ale i jej własnościami fizycznymi (kruchością itp.). Często różnice w składzie rudy odbijają się również i na wielkości kawałków wydobytej i przywiezionej rudy. A więc chociaż skład rudy może być podstawą do obliczenia jakości żużla, to jednak nie daje on wskazówek co do zachowania się materiału w piecu z chwilą zmiany tego składu, gdyż przy zmianie składu chemicznego rudy również i własności fizyczne się zmieniają. Następnym czynnikiem, łączącym się z zagadnieniem wielkości kawałków namiaru jest wpływ, jaki wywiera osadzanie się węgla na kawałkach namiaru w górnych rejonach wielkiego pieca. Najbardziej sprzyjającą okolicą osadzania się węgla jest przestrzeń bezpośrednio pod brzegiem dzwonu, gdyż panuje tam najniższa temperatura, jest najmniejsza szybkość gazów oraz najmniejsza wielkość kawałków namiaru. Osadzanie się węgla powoduje zatkanie kanalików między kawałkami namiaru, którymi przechodzą gazy, co jeszcze pogarsza nieregularności biegu pieca.

WALCOWANIE, KUCIE, TŁOCZENIE, PRZECIĄGANIE.

Walcowanie stali z „wlewnicy bez końca". N. Grum - Grzymajło. (Stal, 1937, nr 9, str. 37/40).

Stal, którą ma się walcować odlewa się we „wlewnicy bez końca" utworzoną z grubych płyt metalowych ułożonych na dwu łańcuchowych przenośnikach bez końca umieszczonych jeden nad drugim. Metal opuszczający tę wlewnicę ma tylko zewnętrzną warstwę skrzepniętą, płynny środek krzepnie dopiero w drodze do walcowni. Podano dokładny opis tej maszyny. Wydajność jej wynosi 100 ton na godzinę.

Pierwszy prostownik prądu w amerykańskiej walcowni W. E. Gutzwiller. (Iron and Steel Engineer, czerwiec 1938, str. 24/8).

Opisano prostownik łukowy rtęciowy na 1.000 KW, 4.000 A, 250 V. Prostownik ten można przeciążyć do 125% przez dwie godziny i do 200% przez minutę. Średnie jego obciążenie przez 10.000 godzin pracy wynosiło 15.1% obciążenia maksymalnego. Przez ten czas zaoszczędzono energii elektrycznej za około 14.000 zł w stosunku do normalnie używanych generatorów synchronicznych. Autor jest zdania, że w najbliższym czasie wszystkie nowoczesne walcownie będą zaopatrzone w podobne prostowniki umożliwiające stosowanie prądu stałego do napędu walcarek.

OBRÓBKA CIEPLNA.

Nowoczesne sposoby trawienia stali H. B. Footner. (Iron and Steel Institute, — Drugie sprawozdanie Komitetu Korozyjnego 1938 r., str. 369/79).

Przed powlekaniem płyt stalowych powłokami rdzochronnymi należy najpierw powierzchnię stali oczyścić od zendry. Najlepszym i najekonomiczniejszym sposobem jest trawienie w kwasie siarkowym, wymycie w ciepłej wodzie i zanurzenie płyt w rozcieńczonym roztworze kwasu fosforowego. Bezpośrednio po wysuszeniu należy pokryć stal najlepiej przez natryskiwanie farbą rdzochronną zawierającą minię ołowianą. Trawienie jest znacznie tańsze od czyszczenia powierzchni strumieniem piasku.

Kwas fosforowy czynnikiem chroniącym stal przed korozją. A. Foulon. (Stahlbautechnik, lipiec 1938, str. 4/5).

Do trawienia stali lepiej jest używać kwasu fosforowego, niż kwasu siarkowego względnie solnego. Kwas fosforowy mało atakuje samo żelazo, wytwarzanie się wodoru jest bardzo małe a tym samym mniejsza jest obawa kruchości trawienia. Wytworzona na trawionej powierzchni nierozpuszczalna warstewka fosforanowa przylega ściśle do metalu i jest dobrym podkładem dla farb rdzochronnych.

Magnetyczna metoda mierzenia grubości powłok niemagnetycznych na żelazie i stali. A. Brenner. (Journal of Research of the National Bureau of Standards, marzec 1938, str. 357/68)

Grubość takich powłok można mierzyć przyrządem, którego główną częścią składową jest stały magnes. Ze zmniejszenia siły przyciągania między magnesem a stalą, powodowanego obecnością powłoki niemagnetycznej można obliczyć względnie wyczytać z odpowiednich wykresów grubość tejże powłoki. Przyrządem tym można mierzyć powłoki nawet o grubości 0.0001 mm.

Platerowanie chromem ze specjalnym uwzględnieniem chromowania na czarno. K. Arndt i H. Endress. (Zeitschrift für Metallkunde, styczeń 1938, str. 21/4).

Najlepszy skład kąpieli elektrolitycznej dla otrzymania czarnych powłok chromowych jest następujący: kwas chromowy 250—400 g na litr, kwas octowy (lodowaty) 5 cm^3 na litr. W czasie używania temperatura kąpieli winna wynosić 25^0 a gęstość prądu 80—100 A na dm^2. Warstewka nałożona składa się w 75% z chromu i 25% z tlenku chromu.

WŁASNOŚCI METALI I ICH BADANIA, ZASTOSOWANIA.

Stosunek obciążenia do naprężenia w próbie na rozciąganie przy stosowaniu szybkich obciążeń. D. S.

Clark i G. Dätwyler. (American Society for Testing Materials, lipiec 1938, przeddruk nr 31).

Użytą do badań maszyną można rozciągać materiał z różną szybkością aż do 3.36 m/sek. Granica płynności dla stali oraz szeregu metali nieżelaznych pod wpływem działania sił dynamicznych jest wyższa, niż pod wpływem działania sił statycznych. Podobnie jest również o ile chodzi o naprężenia maksymalne.

Teoria udarności. Wpływ temperatury, szybkości odkształcenia, kształtu i wielkości próbki. D. J. McAdam jun. i R. W. Clyne. (American Society for Testing Materials, lipiec 1938, przeddruk nr 30).

Badania udarności nie należy traktować jako odtworzenie uderzenia w praktycznym stosowaniu materiału. Badanie udarności materiału daje nam pogląd czy istnieje niebezpieczeństwo, że dana konstrukcja, względnie maszyna w czasie pracy może stosunkowo łatwo pęknąć, skutkiem kruchości materiału. We wszystkich prawie konstrukcjach czy maszynach istnieje jedno lub więcej miejsc o stosunkowo dużej koncentracji trójwymiarowych naprężeń. W tych miejscach w czasie działania zmiennych sił właściwa szybkość odkształcania jest stosunkowo wysoka. W wyniku tej zwiększonej szybkości odkształcania płynięcie będzie stosunkowo utrudnione i powstaną przerwy spójności. Pęknięcia takie są raczej typu kruchego, jak ciągliwego, a ilość energii potrzebnej do wywołania pęknięcia jest znacznie niższą. Podobnie obniżenie temperatury powoduje wzrost oporów w czasie płynięcia w stosunku do odporności na pęknięcia, czym powoduje wzrost niebezpieczeństwa pęknięcia ziarnistego (tak zwana kruchość na zimno). Energia potrzebna do wywołania pęknięcia bardzo gwałtownie obniża się (w wielu stalach) po przekroczeniu pewnej temperatury, co zależy od składu oraz obróbki cieplnej metalu, kształtu i wielkości danego przedmiotu oraz szybkości obciążania. Wszystko to, co zwiększa temperaturę krytyczną wzmaga również niebezpieczeństwo pęknięć na zimno i odwrotnie. Im większe jest ziarno, tym większa istnieje tendencja do pęknięć na zimno.

Przenośny przyrząd do badania twardości. (Iron and Steel Industry, maj 1938, str. 333).

Przyrząd ten zwany „Telebrineller" pozwala na mierzenie twardości przedmiotów na fabryce bez przenoszenia ich do laboratorium. Składa się on z czterech części: sam przyrząd, sztabka stalowa o znanej twardości Brinella, mikroskop do pomiarów średnicy odcisków oraz specjalny suwak do liczenia. Celem dokonania pomiaru sztabkę stalową o znanej twardości wkłada się do rurki przyrządu, którą przykłada się do badanego metalu. Między badany metal a sztabkę probierczą wkłada się twardą kulkę stalową. Młotkiem o wadze 1.2 do 2 kg uderza się z góry w kowadełko przyrządu. Uderzenie to przenosi się na sztabkę probierczą, która wtłacza kulkę w badany metal. Na sztabce probierczej kulka ta robi również odcisk. Mierzy się średnicę obu odcisków, z różnicy między nimi oblicza się na poczekaniu za pomocą odpowiedniego suwaka twardość badanego metalu w stopniach Brinella.

Określenie twardości szyn przy użyciu kulki 19 mm. T. Laszenko i A. Klaus. (Stal, r. 1937, nr 8, str. 55/60).

Rozważania teoretyczne oraz duża liczba pomiarów doświadczalnych wykazały, że do pomiarów twardości szyn kolejowych, celem obliczenia z tych pomiarów wytrzymałości szyn należy używać kulki o średnicy 19 mm i nacisk 4.500 kg, zamiast do tej pory stosowanej kulki 10 mm i nacisku 3.900 kg. Autorzy jednak zaznaczają, że z pomiaru twardości nigdy nie da się dokładnie obliczyć wytrzymałości.

Kruchość wodorowa niektórych metali. W. Baukloh i W. Stromberg. (Zeitschrift für Metallkunde, grudzień 1937, str. 427/33).

Wzrost ciśnienia w żelazie, zachodzący w czasie wyżarzania go w wodorze powstaje na skutek pewnych reakcyj chemicznych między wodorem a składnikami stopowymi lub zanieczyszczeniami znajdującymi się w tym żelazie. Trawienie elektrolityczne blach z żelaza Armco powoduje obniżenie się ich tłoczliwości, której nie można całkowicie odzyskać nawet przez wyżarzanie. W czasie takiego trawienia zachodzi rozszerzenie się siatki przestrzennej metalu. W niklu również zauważono w takich wypadkach rozszerzenie się siatki przestrzennej może nawet w większym stopniu niż w żelazie, jednak tłoczliwość prawie zupełnie nie spadała. Możliwym jest, że tylko cienka warstewka powierzchniowa adsorbuje wodór, co na tłoczliwość nie wpływa.

Zachowanie się arsenu w produkcji żelaza i stali oraz jego wpływ na własności stali. E. Houdremont, H. Bennek i H. Neumeister. (Technische Mitteilungen Krupp, Forschungsberichte, czerwiec 1938, str. 101/19).

Rudy skandynawskie, francuskie, angielskie i amerykańskie zawierają tylko drobne ilości arsenu, które nie wpływają na własności surówki oraz stali z nich wytworzonych, — rudy hiszpańskie, północno afrykańskie, włoskie, greckie, z Małej Azji oraz południowo rosyjskie zawierają większe ilości arsenu tak, że powstaje ważne zagadnienie wpływu tego arsenu na produkty wytworzone z takich rud. Omówiono zachowanie się arsenu w czasie przygotowania rudy, wytwarzania surówki i stali a następnie wpływ arsenu na własności stali. Na podstawie badań przeprowadzonych w zakładach Kruppa omówiono wpływ arsenu na własności stali nisko węglowych, stali węglowych do obróbki cieplnej oraz stali chromo niklowych, stali chromo-molibdenowych (do obróbki cieplnej, ognio odpornych i do spawania) oraz węglowych stali narzędziowych. Zbadano również odporność korozyjną stali z zawartością arsenu oraz zachowanie się ich w czasie trawienia. Opisano badania ruchowe nad stalą thomasowską zawierającą 0.25% As. Podano odbitki różnych przekrojów wlewków oraz omówiono zachowanie się metalu w czasie walcowania na gorąco, jego własności mechaniczne, zdolność do spawania oraz przeciągania na druty. Podobne badania robiono również ze stalą martinowską zawierającą 0.25% As. Wyciągnięto następujące wnioski. Teoretyczne rozważania nad potrójnym układem żelazo-arsen-tlen prowadzą do wniosku, że arsen najlepiej można usunąć z rudy przez prażenie jej w zakresie temperatur 700^0—900^0 (Fe_3O_4—FeO). Gazowe tlenki arsenu wytwarzają się bezpośrednio z arsenianów a nie

pośrednio przez arsenki. Nie należy się spodziewać usunięcia arsenu w wielkim piecu, ani też w czasie odsiarczania surówki lub świerzenia stali. Nie da się to przeprowadzić ani przez odgazowanie ani przez zżużlowanie związków zawierających arsen. Arsen nie wywiera wpływu na tworzenie się pęcherzy we wlewkach stalowych. W stali nieuspokojonej arsen segreguje tak samo jak fosfor, — w stali uspokojonej w takim stopniu jak węgiel, fosfor i siarka. Arsen w ilościach do 1% nie wpływa na odkształcanie stali na gorąco. Składnik ten podnosi wytrzymałość na rozciąganie i granicę płynności, ciągliwość odpowiednio spada. Ten wpływ arsenu jest tym większy im wyższą jest wytrzymałość stali. Nie zauważono ujemnego działania arsenu na odkształcanie stali na zimno. Zawartość arsenu do 0.25% nie wpływa na spawalność stali tak zwykłych jak i stopowych. Przy wyższej zawartości wrażliwość cienkich blach na powstawanie pęknięć spawalniczych przy spawaniu gazowym znacznie wzrasta. Nie można było określić jak dalece wpływ ten sięga przy blachach grubszych oraz przy blachach o wyższej wytrzymałości na rozciąganie. Zawartość arsenu do 0.25% nie obniża własności mechanicznych spoin autogenicznych i elektrycznych, lecz ta zawartość arsenu wpływa już szkodliwie w wypadku spoin ogniowych. Zawartość arsenu do 0.2% nie wpływa na hartowalność węglowych stali narzędziowych, lecz wyższa zawartość arsenu obniża głębokość hartowania.

Miedź w żeliwie. A. J. N. Smith. (Institute of British Foundrymen: Foundry Trade Journal, r. 1938, czerwiec, str. 537/40 i lipiec str. 8/11).

Rozpuszczalność miedzi w żeliwie szarym w normalnych warunkach odlewania wynosi 5.5%. Powyżej tej wartości powstają widzialne kulki pierwotnej miedzi. Równowaga rozpuszczalności w stanie stałym nie została dokładnie określoną, lecz stwierdzono, że żeliwo szare może rozpuścić 3.5% Cu bez występowania wolnej miedzi w mikrobudowie. Powyżej tej zawartości wolna mieć występuje w formie rozproszonych cząsteczek miedzi wtórnej. Na tę granicę rozpuszczalności ma pewien nieduży zresztą wpływ szybkość chłodzenia żeliwa. Obecność niklu podnosi rozpuszczalność. W ilościach poniżej 3.5% miedź pozostaje w żeliwie w roztworze, który jest prawie stały w czasie obróbki cieplnej. W ilościach do 3.5% miedź działa jako środek grafityzacyjny, będący około jedną trzecią tak silny jak krzem. Miedź powyżej tej ilości wywołuje skutek przeciwny i przyśpiesza jakgdyby chłodzenie. Nie stwierdzono tendencji do rozkładu węglików perlitu. Twardość odlewów z szarego żeliwa wzrasta na skutek rozpuszczenia w nich miedzi, z drugiej strony miedź wzmagając grafityzację może przez rozkład wolnego cementytu twardość obniżyć. Nie biorąc pod uwagę wpływu na grafityzację twardość żeliwa szarego wzrasta o 10 do 11 stopni Brinella na każdy procent miedzi. Udarność żeliwa szarego wzrasta przy pierwszych 1 lub 2% miedzi. W ogólności własności mechaniczne osiągają swoje wartości optymalne przy zawartości miedzi między 1 a 2%. Miedź wywiera stosunkowo mały wpływ na mikrobudowę żeliwa. Powoduje ona lekkie rozdrobnienie perlitu i grafitu. Wolny cementyt rozkłada się, lecz żaden inny składnik nie wchodzi w budowę aż do czasu, gdy ukaże się wolna miedź przy 3.5%. Miedź w ilościach powyżej jej rozpuszczalności w stanie płynnym, powoduje zwiększenie ilości grafitu przechłodzonego. Miedź w ilościach do 1% obniża skurcz żeliwa szarego. Przy zawartości 2% miedzi skurcz jest mniejwięcej taki sam, jak metalu bez miedzi. Przy zawartości 3% miedzi materiał z tego punktu widzenia jest już znacznie gorszy. Dodawanie miedzi razem ze składnikiem uspakajającym takim jak mangan, chrom lub molibden znacznie poprawia twardość i wytrzymałość. Miedź z manganem znacznie podwyższa twardość, miedź z chromem daje polepszenie ogólne. Dodatek miedzi i molibdenu nie wpływa na uspokojenie metalu. Dodatek miedzi i manganu lub miedzi i molibdenu powoduje tworzenie się budowy martezytycznej.

Wpływ tlenu na starzenie się żelaza i stali. A. B. Wilder. (Metals and Alloys, r. 1938, maj str. 119/23 i czerwiec str. 145/8).

Różne gatunki żelaza i stali nasycono tlenem w temperaturze 1300° i temperaturach niższych a następnie badano ich utwardzające starzenie się pod wpływem działania naprężeń oraz po hartowaniu. Żelazo miękkie wykazało znaczne starzenie się pod wpływem działania naprężeń, jednak o wiele mniejsze po hartowaniu. Armco i różne rodzaje stali nisko węglowej zachowywały się podobnie. Stale wysoko i średnio węglowe nie wykazały starzenia się po odpowiedniej obróbce cieplnej. Wyniki badań wykazały, że tlen odgrywa ważną rolę w starzeniu się stali, zwłaszcza po odkształceniu na zimno. Badania wykazały również, że nie tylko węgiel jest czynnikiem powodującym starzenie się stali po hartowaniu.

Fizyczne własności czterech nisko stopowych stali o wysokiej granicy płynności. W. L. Collins i T. J. Dolan. (American Society for Testing Materials, czerwiec—lipiec 1938, przeddruk nr 41).

Stale te wykazały znacznie wyższy stosunek granicy płynności do wytrzymałości, niż zwykłe węglowe stale konstrukcyjne a prawie taką samą ciągliwość. Wszystkie badane stale wykazały silnie zarysowaną granicę płynności. Udarność w dużej mierze zależy od rodzaju próbki. Pod wpływem zmiennych obciążeń wszystkie te stale wykazały granicę wytrzymałości na zmęczenie wyższą o 67%, niż zwyczajne konstrukcyjne stale węglowe. Nisko stopowe stale o wysokiej granicy płynności wykazują jednak większą wrażliwość na działanie karbu przy badaniach zmęczeniowych oraz mniejszą wytrzymałość na zmęczenie korozyjne, niż zwyczajne węglowe stale konstrukcyjne.